

福岡大学 正員 ○大和竹史

〃 〃 山下一友

〃 〃 江本幸雄

1. まえがき コンクリートの凍結融解作用による劣化の機構を解明するには、コンクリート組織内の凍結可能水や凍結融解後の残留膨張を測定することが必要と考えられる。筆者らはこれまで、試作した装置により、モルタルの凍結膨張量(ディレーション)の測定が可能であることを確かめてきた。本報告では、普通および軽量コンクリートについて、1サイクル凍結融解作用に伴う凍結膨張量を測定し、同時に示差熱分析も行なった。さらに、使用した骨材自体の膨張収縮特性を知り、コンクリート劣化の機構を明らかにする一手段とするために試作した装置により骨材のひずみを測定した。

2. 試験方法 使用したセメントは普通ポルトランドセメント(三菱社製、比重3.17)、細骨材としては川砂(比重2.53、吸水率1.70%)、粗骨材としては角閃石(比重2.97、吸水率0.67%)、人工軽量骨材(比重1.52、吸水率10.7%)を使用した。コンクリートの配合は表-1に示す。コンクリート供試体は $75 \times 15 \text{ cm}$ の円柱供試体とし、試験時の材令は水中養生(20℃)した。試験時の材令は1日、3日、7日、および28日の4通りとした。所定材令の供試体は表面水をふきとり、図-1に示すケロシン槽内にセットし、供試体中心温度を19℃～19℃まで一定の冷却速度 $3^\circ\text{C}/\text{h}$ で下げ、-19℃に1時間保った後、加熱速度 $3^\circ\text{C}/\text{h}$ で19℃まで上昇させた。供試体は線膨張係数の特に小さいインバーン鋼によって支持されているため、長さ変化は差動変圧器の値を直接使用した。コンクリートの線膨張係数は19℃～0℃の冷却過程で算出し、図-2に示す、 ΔV -温度関係から凍結膨張量を求め、最終ディレーション(D_f)と残留ひずみ(ΔV)を定義した。示差熱分析におけるダミー供試体は角閃石使用コンクリートを5mmふるいでウェットスクリーニングして通過したモルタルにより作製し、試験時の材令は28日以上とした。コンクリート供試体およびダミー供試体の中心部には熱電対を埋設した。示差熱分析では予備実験にマエモルタルであれば、材令が28日以上経過すると凍結可能水が非常に少量となり、ダミー供試体として適することを確認した。ペンレコーダーに記録した示差熱曲線を硫酸紙にトレスして、示差熱部分を0.05mgまで計量し、これを凍結可能水量($\mu\text{g}/\text{min}$)に換算した。

表-1 コンクリート配合表

粗骨材の種類	粗骨材の最大寸法(mm)	スランピング(cm)	空気量(%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S _a (%)	単位量					粗骨材 G (kg)	混合材 H (g)
						水 W (kg)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	粗骨材 G (kg)	混合材 H (g)		
						(kg)	(kg)	(kg)	15 mm 10 mm 5 mm No.5L 30S	(g)		
角閃	15	8	6	55	38	180	327	631	602	602	818	13.1
人工軽	15	8	6	55	38	180	327	631	619	619	818	13.1

3. 実験結果および考察

各材令におけるひずみ-温度の関係を図-3に示す。凍結膨張が生じた供試体は角閃石コンクリート(以下Kと称す)の材令1日と人工軽量コンクリート(以下Nと称す)の材令1、3および7日の場合で、若材令ほど凍結膨張を主として残留膨

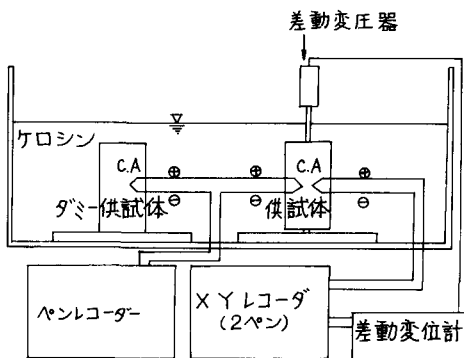


図-1 測定装置接続図

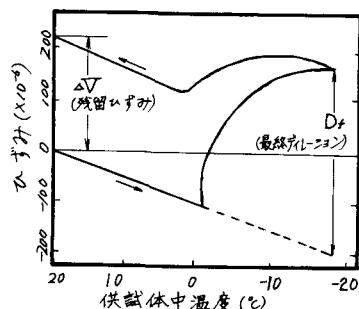


図-2 ひずみ-温度関係図

張も大きくなっている。材令28日ではK、Nともに凍結膨張、残留ひずみはほとんど生じていない。若材令では水和が十分進行しておらず配合水のうち水和に使用されないでまだ残っている凍結可能水が多いため、凍結膨張を生じやすいものと考えられる。材令経過に伴う最終デレションおよび残留ひずみを図-4、5に示す。最終デレション、残留膨張とも材令1日を除いてKよりもNの方が大きく、Kでは材令3日以降大きな変化は見られない。材令を考慮しない場合の最終デレションと残留ひずみとの関係を図-6に示す。この図から最終デレションと残留ひずみとは材令や骨材の種類に拘わらず、ほぼ直線関係が認められる。示差熱分析の結果を図-7に示す。凍結可能水量は凍結過程と融解過程では少し差を生じており、Kの方がNに比べて数倍少なくなっている。表-1に示すようにKとNとは粗骨材容積が同じであり、モルタル部分もAEモルタルであるから、凍結融解に伴ない挙動の差は粗骨材の影響によるものが大きいと考えられる。そこで図-8に示す装置を試作し、粗骨材のみの凍結融解による膨張収縮の挙動を調べた。この装置は予備実験でアルミニウム($\alpha=29.0/^\circ\text{C}$)、ステンレス(SUS304 $\alpha=16.4/^\circ\text{C}$)の線膨張係数を測定し、誤差が小さいことを確かめたのち使用した。また、粗骨材の細孔径分布を水銀ポロジメータ(Carlo, Erba社製)で測定した。骨材のひずみ-温度の関係、骨材の細孔径分布および凍結過程における線膨張係数を図-9、10、表-2にそれぞれ示す。人工軽量は角閃石に比べて100倍以上も空隙が多く、吸水率が大きいため 0°C 以下になると膨張傾向が見られ残留膨張を生ずるものと考えられる、このことから、コンクリートにおいてKとNの最終デレションおよび残留膨張に差が生じているのは、骨材の吸水率による影響が大きいと考えられる。最後に、装置作製に当り御協力戴いた本学コンクリート実験室の井上恵弘氏に謝意を表します。

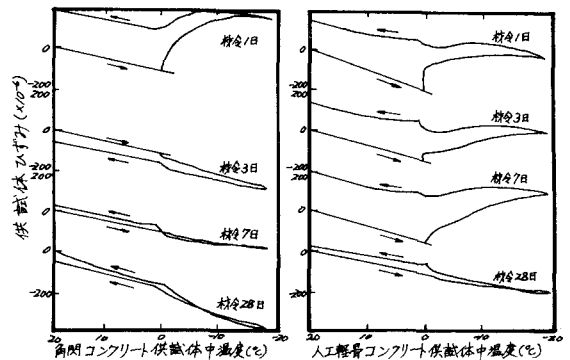


図-3 各材令におけるひずみ-温度関係図

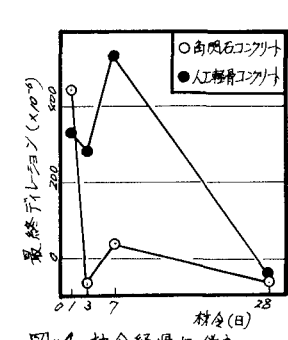


図-4 材令経過に伴う最終デレションの変化

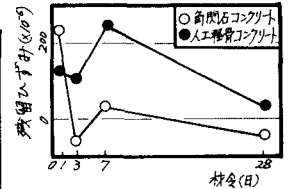


図-5 材令経過に伴う残留ひずみの変化

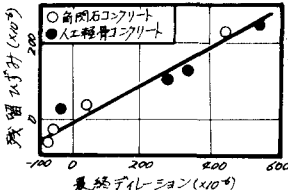


図-6 最終デレションと残留ひずみの関係

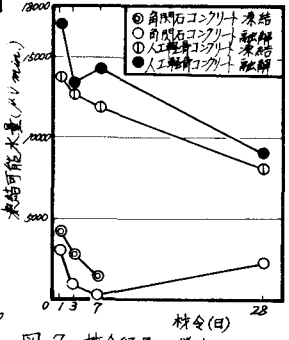


図-7 材令経過に伴う凍結可能水量の変化

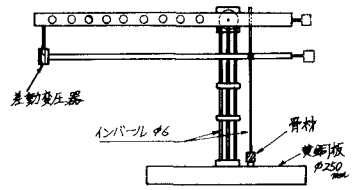


図-8 骨材のひずみ測定装置

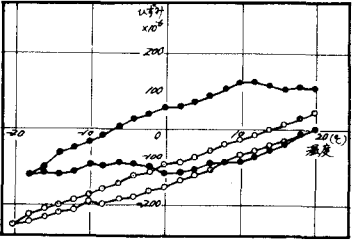


図-9 骨材のひずみ-温度の関係

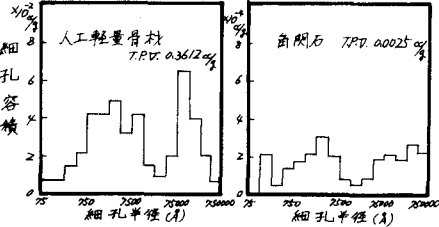


図-10 骨材の細孔径分布

表-2 線膨張係数

種類	線膨張係数(%)
アルミニウム	29.9
ステンレス(SUS304)	16.0
角閃石(吸水率0.16%)	9.1
人工軽骨材(吸水率1.07%)	6.3
人工軽骨材(他種)	12.8
コンクリート(自然)	9.1
コンクリート(人工軽骨材)	9.4

※図-1の装置を使用